

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑪ **DE 3833709 A1**

⑤1 Int. Cl. 5:  
**H04B 7/08**  
H 04 B 1/10

②1 Aktenzeichen: P 38 33 709.6  
②2 Anmeldetag: 4. 10. 88  
④3 Offenlegungstag: 12. 4. 90

DE 3833709 A1

⑦1 Anmelder:  
Richard Hirschmann GmbH & Co, 7300 Esslingen, DE  
  
⑦4 Vertreter:  
Wagner, K., Dipl.-Ing.; Geyer, U., Dipl.-Phys.  
Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte, 8000 München

⑦2 Erfinder:  
Buck, Walter, Dr., 7000 Stuttgart, DE; Schenkyr,  
Dieter, 7312 Kirchheim, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Diversity-Empfangsverfahren für mobilen Empfang

Das Diversity-Empfangsverfahren für mobilen Empfang, insbesondere in Kraftfahrzeugen mit wenigstens drei einzelnen Empfangsantennen ist dafür vorgesehen, auch Störsignale in den empfangenen Signalen zu berücksichtigen, um eine Optimierung des Systems zu erreichen. Dazu werden die jeweiligen Differenzen der Übertragungsfunktionen der Übertragungswege zwischen dem Sender und den jeweiligen Antennen einerseits und einem Bezugssignal andererseits ermittelt. Diese Differenzen werden zur Beurteilung der Empfangsqualität der einzelnen Antennensignale hinsichtlich des Bezugssignals herangezogen. Dasjenige Antennensignal oder diejenigen Antennensignale mit der hinsichtlich des Bezugssignals größten Differenz der Übertragungsfunktion werden dann für das Diversity-Verfahren geringer bewertet und/oder außer Funktion gesetzt. Diese Maßnahmen sind im Zusammenhang mit praktisch allen Diversity-Systemen anwendbar.

DE 3833709 A1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Diversity-Empfangsverfahren für mobilen Empfang mit wenigstens drei einzelnen Empfangsantennen.

Bei mobilem Empfang, beispielsweise beim Empfang von Rundfunk- und/oder Fernsehsendungen in Kraftfahrzeugen treten Empfangsstörungen auf, die den Empfang erheblich beeinträchtigen. Derartige Empfangsstörungen beruhen auf der Einstrahlung der Rundfunk- bzw. Fernsehwellen aus mehr als einer Richtung auf die Antenne. Dieser sogenannte Mehrwegeempfang tritt dadurch auf, daß die Rundfunk- bzw. Fernsehwellen nicht nur vom Sender direkt zur Antenne gelangen, sondern beispielsweise an Gebäuden reflektiert werden und auf anderen Wegen ebenfalls die Antenne erreichen. Die Empfangswerte für die mehreren, von der Empfangsantenne aufgenommenen Signale sind unterschiedlich lang, so daß im Rundfunk- bzw. Fernsehsignal besonders bei frequenzmoduliertem Träger Interferenzstörungen auftreten, wodurch der resultierende Träger sowohl eine Amplitudenmodulation als auch eine Phasenmodulation erfährt. Diese ergeben dann die lästigen und den Empfang erheblich beeinträchtigenden Empfangsstörungen, die aufgrund der physikalischen Gegebenheiten unabhängig von der Antennenart, seien es Teleskopantennen, elektronische Kurzstabantennen oder elektronische Scheibenantennen, auftreten.

In einem Aufsatz von R. Heidester & K. Vogt in NTZ 1958, Heft 6, Seiten 315—319 ist beispielsweise ein Empfangsantennensystem beschrieben, das zur Verringerung dieser aufgrund von Mehrwegeempfang auftretenden Störungen mehrere einzelne Empfangsantennen für den mobilen Empfang aufweist. Bei dieser bekannten Anordnung ist jeder Einzelantenne ein Empfänger zugeordnet, mit dem die Amplitude jedes Einzelsignals der jeweiligen Einzelantenne kontinuierlich festgestellt und überwacht wird. Die ermittelten Amplituden werden verglichen und das jeweils stärkste Signal einer Einzelantenne wird als Empfangssignal verwendet. Abgesehen davon, daß diese Art eines Diversity-Systems, auch als Parallel- oder Empfänger-Diversity-System bezeichnet, schaltungstechnisch sehr aufwendig ist, ist bei diesem Verfahren nicht gesagt, daß die das stärkste Antennensignal abgehende Einzelantenne, die mit dem Rundfunkempfänger gemäß dem besagten Kriterium verbunden wird, notwendigerweise das beste Signal mit kleinem Störanteil liefert, was insbesondere für frequenzmodulierte Signale gilt.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, Diversity-Empfangsverfahren anzugeben, bei denen eine Optimierung des weiter zu verarbeitenden Empfangssignals auch hinsichtlich der Störsignale möglich ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 angegebenen Maßnahmen gelöst.

Durch die erfindungsgemäßen Maßnahmen wird bzw. werden bei dem eingangs beschriebenen, herkömmlichen Empfänger-Diversity-System dasjenige Antennensignal bzw. diejenigen Antennensignale mit dem hinsichtlich des Bezugssignals größten Störwert von der Auswahl als Empfangssignal ausgeschlossen. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es also möglich, nicht nur hinsichtlich der Signalstärken, sondern auch der Störungen einen optimalen Empfang zu gewährleisten.

Im Falle, daß bei beispielsweise zwei Antennen beide Antennensignale frei von Störsignalen sind, erhält das gewonnene, frequenzunabhängige Differenzsignal nur

Informationen über die relative Amplitude und die relative Phase des gemessenen Antennensignals. Ist das gemessene Antennensignal jedoch gestört, weist es eine von der Ortskurve der (komplexen) Übertragungsfunktion abhängige Amplituden- und Phasenmodulation auf. Bei Frequenzmodulation ist die Phasenmodulation die ausschließlich für Störungen verantwortliche Komponente, wobei diese Störungen bei der Frequenzdemodulation hörbare Störgeräusche beim Empfang verursachen.

Obgleich es zwar möglich ist, irgendeines der einzelnen Antenneneingangssignale als Bezugssignal zu definieren, ist es gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung jedoch vorteilhaft, als Bezugssignal ein möglichst ungestörtes Signal zu wählen (Anspruch 2).

Besonders vorteilhaft ist, wenn der Störsignalanteil der Antennensignale, etwa mit einem an sich bekannten Störsignaldetektor ermittelt, und das Antennensignal mit dem geringsten Störsignalanteil als Bezugssignal verwendet wird (Anspruch 3).

Aus der EP-A2-02 01 977, der DE-A2-33 34 735 oder der Zeitschrift "Funkschau", 1986, Seiten 42—45, ist beispielsweise ein weiteres Diversity-Empfangsverfahren bekannt, bei dem von einem Antennensignal zu einem anderen oder von einer Linearkombination aus Antennensignalen zu anderen Linearkombinationen von Antennensignalen umgeschaltet wird, wenn ein vorgegebener Schwellwert der Empfangsqualität unterschritten wird. Bei diesem auch unter der Bezeichnung Scanning- oder Antennenauswahl-Diversitysystem bekannten Verfahren kann es jedoch vorkommen, daß auf ein zwar stärkeres, jedoch gestörtes Signal umgeschaltet wird. Insbesondere bei Diversitysystemen mit wenig Antennen ist die Wahrscheinlichkeit, daß auf ein gestörteres Signal umgeschaltet wird, besonders groß.

Im Zusammenhang mit einem solchen Antennenauswahl-Diversitysystem ist das erfindungsgemäße Verfahren nach einer weiteren, in Anspruch 4 angegebenen Ausführungsform der Erfindung dadurch besonders vorteilhaft, daß von einem Antennensignal oder von einer Linearkombination aus Antennensignalen zu einer anderen Linearkombination aus Antennensignalen umgeschaltet wird, wenn ein vorgegebener Schwellwert des jeweiligen Empfangssignalpegels unterschritten wird, und daß das auf diese Weise erhaltene Signal als Bezugssignal vorgesehen ist. Gemäß dieser Ausführungsform der Erfindung wird bzw. werden also dasjenige Antennensignal bzw. diejenigen Antennensignale mit dem hinsichtlich des Bezugssignals größten Störwert von der Auswahl als Empfangssignal ausgeschlossen. Ein solches Empfangssignal wird bzw. solche Empfangssignale werden also bei der Umschaltung übergangen, wenn von einem Antennensignal, welches hinsichtlich seines Pegels unter einem vorgegebenen Schwellwert abgesunken ist, auf ein neues Empfangssignal umgeschaltet wird. Mit den erfindungsgemäßen Maßnahmen wird daher zuverlässig vermieden, daß bei den genannten Parallel-Diversityverfahren auf zwar amplitudenmäßig starke, jedoch auch besonders gestörte Antennensignale umgeschaltet wird.

Von den Erfindern des vorliegenden Verfahrens ist ein weiteres Diversity-Empfangsverfahren für mobilen Empfang, insbesondere für den Rundfunkempfang in Kraftfahrzeugen, vorgeschlagen worden, bei dem ebenfalls mehrere von einzelnen Empfangsantennen bereitgestellte Antennensignale oder Linearkombination von Antennensignalen zu einem Summensignal zusammengefaßt werden. Durch entsprechende Modulation nicht

nur eines, sondern mehrerer Antennen- bzw. Linearkombinationssignale zeitlich nacheinander mittels einer hochfrequenten Hilfsmodulation und nachfolgender Demodulation des Summensignals sowohl nach Betrag als auch nach Frequenz bzw. Phase wird sowohl die Differenz des Amplitudenbetrags als auch der Phasenlage zwischen dem jeweiligen Einzelsignal und dem Summensignal festgestellt und in Abhängigkeit davon jeweils die Phase der einzelnen Antennen- bzw. Linearkombinationssignale derart geregelt, daß die Phasenlage der Einzelsignale zur Phasenlage des Summensignals ausgerichtet wird. Einzelheiten dieser nachfolgend auch als In-Phase-Diversityverfahren bezeichneten Methode sind den nicht veröffentlichten deutschen Patentanmeldungen 37 37 011 und 37 36 969 zu entnehmen, deren Inhalt auch Gegenstand dieser Anmeldung ist. Bei diesem In-Phase-Diversityverfahren dominiert das stärkste, jedoch gegebenenfalls auch gestörteste Signal, obgleich schwächere, jedoch weniger gestörte oder ungestörte Antenneneinzelsignale durchaus vorliegen können. Bei diesem Diversity-System wird eine Auswertung der Antenneneinzelsignale jeweils also nur nach Betrag und/oder Phase, nicht jedoch nach Störsignalanteilen vorgenommen.

Im Zusammenhang mit diesem In-Phase-Diversityverfahren ist die in Anspruch 5 angegebene Ausführungsform der vorliegenden Erfindung besonders vorteilhaft. Bei dem In-Phase-Diversityverfahren sind, wie gesagt, die für das erfindungsgemäße Verfahren benötigten eigentlichen Signale zwar vorhanden, sie wurden jedoch nicht ausgewertet. Mit der in Anspruch 5 angegebenen Ausführungsform erfolgt nun erfindungsgemäß auch eine Auswertung der in den Übertragungskanälen enthaltenen Störsignalinformation, die zur Verbesserung der Empfangsqualität der Diversity-Ausgangssignale herangezogen wird. Bei diesem Verfahren werden den einzelnen Antennen- bzw. Linearkombinationssignalen Signalproben entnommen, die nacheinander mit einem Hilfsmodulationssignal moduliert und einem aus Antennen- bzw. Linearkombinationssignalen gebildeten Summensignal aufgeprägt werden. Nach Demodulation dieser mit Probensignalen beaufschlagten Summensignale und der Ermittlung von deren Betrag und Phase bezüglich des jeweiligen Summensignals können diese zur Einstellung von Phasendrehgliedern zu optimalen Leistungsaddition in einer Summierschaltung, insbesondere aber auch zur vollständigen Abschaltung eines Antennen- bzw. Linearkombinationssignals vom Gesamtantennensystem herangezogen werden, um Leistungsreflexionen auf Eingänge mit geringer Signalleistung zu verhindern. Durch die Abnahme der Probensignale bleibt dabei dennoch eine kontinuierliche Überwachung aller Antennensignale möglich.

Die Erfinder des vorliegenden Verfahrens haben ein weiteres Diversity-Empfangsverfahren vorgeschlagen, das in der nicht veröffentlichten DE-OS 38 14 900 beschrieben ist, deren Inhalt auch Gegenstand der vorliegenden Unterlagen ist. Bei diesem Diversity-Empfangsverfahren, das auch als Signalprobenentnahmeverfahren bezeichnet wird, werden den einzelnen Antennen- bzw. Linearkombinationssignalen Stichproben entnommen, die nacheinander mit einem Hilfsmodulationssignal moduliert und einem aus Antennen- bzw. Linearkombinationssignalen gebildeten Summensignal aufgeprägt werden. Nach Demodulation dieser mit Probensignalen beaufschlagten Summensignale und der Ermittlung von deren Betrag und Phase bezüglich des jeweiligen Summensignals können diese zur Einstellung von

Phasendrehgliedern zur optimalen Leistungsaddition in einer Summierschaltung, insbesondere aber auch zur vollständigen Abschaltung eines Antennen- bzw. Linearkombinationssignals vom Gesamtantennensystem herangezogen werden, um Leistungsreflexionen auf Eingänge mit geringer Signalleistung zu verhindern. Durch Entnahme von Probensignalen bleibt dabei dennoch eine kontinuierliche Überwachung aller Antennensignale möglich.

Im Zusammenhang mit diesem bereits vorgeschlagenen Diversity-Empfangsverfahren ist eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung besonders vorteilhaft wie sie im Anspruch 6 angegeben ist. Durch die Verwendung des gemäß dem vorgeschlagenen Verfahren optimierten Summensignals als Bezugssignal für das erfindungsgemäße Verfahren ergibt sich eine noch bessere Empfangsqualität, da wiederum eine Auswertung der in den Übertragungskanälen enthaltenen Störsignalinformation erfolgt.

In der nicht veröffentlichten DE-OS 38 14 899, die auf die Erfinder des vorliegenden Verfahrens zurückgeht und zur Vermeidung von Wiederholungen zum Inhalt der vorliegenden Unterlagen gemacht wird, ist ein Auswahldiversity-Empfangsverfahren bekannt, bei dem den einzelnen Antennensignalen jeweils Proben entnommen werden, die sequentiell einer Modulation unterzogen und einem zunächst willkürlich ausgewählten Antennensignal aufaddiert werden, das danach einer Empfangsschaltung zugeleitet wird. Das auf diese Weise erhaltene, in der Empfangsschaltung verstärkte und selektierte Summensignal wird demoduliert und daraus das jeweils stärkste Probensignal ermittelt, das dann als Kriterium zur Auswahl des entsprechenden stärksten Antennen- bzw. Linearkombinationssignals dient.

In Zusammenhang mit diesem bereits vorgeschlagenen Verfahren ist die Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gemäß Anspruch 7 von besonderer Bedeutung. Wiederum ergibt sich auf diese Weise eine Optimierung des Bezugssignals, wodurch die Empfangsqualität insgesamt verbessert werden kann.

Wie bereits ausgeführt wurde, kann bei dem hier vorgeschlagenen Verfahren irgendeines der einzelnen Antenneneingangssignale als Bezugssignal definiert werden. Gemäß der in Anspruch 2 beschriebenen Ausgestaltung der Erfindung ist es jedoch vorteilhaft, als Bezugssignal ein möglichst ungestörtes Signal zu wählen. Dabei wird ein von der Funktionsweise her optimal dimensioniertes Diversity-System angenommen. Beispielsweise ist eine optimale Dimensionierung für das Antennenauswahl-Diversityverfahren dann gegeben, wenn ortho-normierte Richtdiagramme vorliegen, für die

$$\int_0^{2\pi} |A(\varphi)| |B(\varphi)| d\varphi = \text{Minimum}$$

gilt, wobei  $A(\varphi)$  und  $B(\varphi)$  die komplexen Richtdiagramme der Einzelantennen sind.

Im Falle des In-Phase-Diversityverfahrens ist das Signal dann optimal dimensioniert, wenn ortho-normierte Runddiagramme vorliegen, für die

$$\int_0^{2\pi} |A(\varphi)| |B(\varphi)| d\varphi = \text{Maximum}$$

gilt, wobei  $A(\varphi)$  und  $B(\varphi)$  die komplexen Richtdiagramme der Einzelantennen sind. Einzelheiten zur optimalen Dimensionierung sind der genannten DE-OS 37 36 969 zu entnehmen, die zum Inhalt der vorliegenden Ausführungen gemacht wird, um Wiederholungen zu vermeiden.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn das Bezugssignal ein aus einzelnen Antennensignalen und/oder Linearkombinationen von Antennensignalen gebildetes Summensignal ist. Dieses Bezugssignal ergibt sich bei dem In-Phase-Diversitysystem.

Im Fall des Antennenauswahl-Diversitysystems ist es besonders vorteilhaft, wenn das Bezugssignal ein einzelnes Antennensignal oder eine Linearkombination von Antennensignalen ist, das bzw. die als Empfangssignal ausgewählt wurde.

Unter der beschriebenen optimalen Dimensionierung ist dabei das momentane Empfangssignal mit hoher Wahrscheinlichkeit wenig gestört.

Eine weitere sehr vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung besteht darin, daß die Beurteilung der Empfangsqualität eines Antennensignals hinsichtlich des Bezugssignals auf Grund eines ausgewählten Störkriteriums des jeweiligen Antennensignals erfolgt (Anspruch 8).

Vorteilhaft ist es dabei, wenn gemäß Anspruch 9 das Störkriterium aus dem Verlauf der Differenz der Übertragungsfunktionen in der komplexen Ebene abgeleitet wird. Aus diesem Verlauf wird dann ein der Antenne zugeordneter Störwert bestimmt. Vorteilhaft ist es weiterhin, wenn in diesem Falle das Störkriterium ein Vorzeichenwechsel ist (Anspruch 10).

Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung nach Anspruch 11 ist das Störkriterium ein nichtlinearer Phasengang. Das Störkriterium kann jedoch je nach den vorliegenden Gegebenheiten vorteilhaft auch die Veränderlichkeit der Amplitude des Antennensignals sein (Anspruch 12). Vorteilhaft ist es dabei auch, wenn zusätzlich zu den genannten Störkriterien der Empfangssignalpegel als Störkriterium herangezogen wird, so daß sich eine Kombination von Störkriterien für die Auswertung ergibt, aus denen ein Störwert abgeleitet wird, der ein Maß für die Störung des gemessenen Antennensignals ist (Anspruch 13).

Eine besondere vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht weiterhin darin, daß der Gradient der Störwerte der einzelnen Antennen ermittelt wird (Anspruch 14). Dadurch ist es möglich, das erfindungsgemäße Verfahren noch weiter zu verfeinern und den Störwertverlauf bzw. den Verlauf der jeweiligen Differenz zu extrapolieren, um dadurch sehr früh, noch vor Eintritt des eigentlichen Störereignisses, reagieren zu können. Abgesehen von der Tatsache, daß dadurch die Möglichkeit einer Beeinflussung bereits im Vorfeld der Störung selbst besteht, erhält man auf diese Weise auch ausreichend Zeit, um beispielsweise weitere Abfragen durchführen zu können, die verhindern, daß etwa beim Parallel-Diversityverfahren auf ein Antennensignal umgeschaltet wird, das ebenfalls gestört ist. Es liegt also kein Zwang zu extrem schneller Entscheidung vor, da zu einem frühen Zeitpunkt bereits das für die Zukunft optimale Signal ausgewählt werden kann, und Information bereits im Vorfeld des Störereignisses von allen Einzelsignalen vorliegt.

Beim In-Phase-Diversityverfahren ist diese Ausführungsform der Erfindung ebenfalls vorteilhaft, da stark gestörte Einzelsignale, die das Summensignal bzw. die Phasenlage desselben beeinflussen und dominieren kön-

nen, früh erkannt und abgeschaltet werden können. Auf diese Weise wird die Störunterdrückung beim In-Phase-Diversityverfahren noch weiter verbessert.

Eine Ausführungsform der Erfindung ist besonders vorteilhaft, bei der aus Empfangsfrequenz und Antennen-Bewegungsgeschwindigkeit Grenzwerte für die Änderungsgeschwindigkeit der Störkriterien abgeleitet werden (Anspruch 15).

Beim In-Phase-Diversityverfahren ist es vorteilhaft, wenn dasjenige Antennensignal oder diejenigen Antennensignale mit dem hinsichtlich des Bezugssignals größten Störwert von der Bildung des Summensignals ausgeschlossen wird bzw. werden. Auf diese Weise ergibt sich ein noch bessere Optimierung der Empfangsqualität des In-Phase-Diversitysystems (Anspruch 16).

Obgleich die Beurteilung der Empfangsqualität eines Antennensignals auf Grund eines ausgewählten Störkriteriums bereits eine erhebliche Verbesserung des Diversity-Verfahrens ermöglicht, kann die Empfangsqualität dadurch noch gesteigert werden, daß gemäß einer Weiterbildung der Erfindung nach Anspruch 17 die Beurteilung der Empfangsqualität eines Antennensignals hinsichtlich des Bezugssignals auf Grund einer Kombination von wenigstens zwei ausgewählten Störkriterien des jeweiligen Antennensignals erfolgt.

Wenn das Diversitysystem in Funktion gesetzt wird, außer Tritt gerät oder nicht vermeidbare Störungen auftreten, steht kein ausreichend störfreies Bezugssignal zur Verfügung. Gemäß einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es besonders vorteilhaft, wenn die jeweiligen Differenzen der Übertragungsfunktionen zwischen mehreren Empfangssignalen ermittelt, diese Differenzen zueinander in Beziehung gesetzt werden, und daraus der relative Störwert der jeweiligen Antennensignale zueinander ermittelt wird (Anspruch 18). Insbesondere können alle Antennensignale in beliebiger Kombination dazu herangezogen werden. Durch diese relative Bewertung der Antennensignale untereinander läßt sich ein Antennensignal ermitteln, das gegenüber den übrigen Signalen störärmer ist, so daß dieses als Bezugssignal für das erfindungsgemäße Verfahren verwendet werden kann.

In Kombination mit den zuvor genannten Maßnahmen oder auch unabhängig davon ist eine Ausführungsform vorteilhaft, bei der für jedes Antennensignal mehrere oder alle Störkriterien kombiniert werden, die Summe der sich aus den Differenzen ergebenden Störwerte ermittelt, und diese Summe als Maß für die relative Bewertung der Qualität der einzelnen Empfangssignale zueinander herangezogen wird (Anspruch 19). Bei dieser Ausführungsform wird für jede Antenne also nicht nur ein einziges Störkriterium, sondern es werden mehrere oder alle Störkriterien herangezogen. Die Summe der Störwerte, die sich aus den möglichen Differenzen ergibt, ist ein Maß für den Störungsgrad jedes in Betracht gezogenen Antennensignals. Auf diese Weise läßt sich eine noch bessere relative Bewertung aller Antennensignale untereinander durchführen, so daß auf Grund der Ermittlung der Summe der Störwerte eine noch bessere und sichere Ermittlung des Antennensignals mit geringster Störung möglich ist.

Vorteilhafterweise wird gemäß Anspruch 20 die Antenne mit der kleinsten Summe der sich aus den Differenzen ergebenden Störwerte als Antennensignal ausgewählt. Dieses Antennensignal kann dann für die weiteren Schritte als Bezugssignal herangezogen werden.

Die Ermittlung der jeweiligen Differenzen der Übertragungsfunktionen und/oder die Beurteilung der Emp-

fangsqualität der einzelnen Antennensignale auf Grund dieser Differenzen kann digital vorgenommen werden (Anspruch 21), wobei ein bereits vorhandener Prozessor für das Diversity-Verfahren mit dieser Aufgabe betraut werden kann. Vorteilhafterweise werden für die Ermittlung der Differenzen und für die Beurteilung der Empfangsqualität aus diesen ermittelten Differenzen Methoden der mathematischen Statistik eingesetzt.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Diagramm, in dem das Spektrum des demodulierten Signals angegeben ist und

Fig. 2 ein Diagramm, in dem die Amplitude in der komplexen Ebene aufgetragen ist.

Für das Beispiel des In-Phase-Diversityverfahrens mit Phasenmessung in einem Hilfskanal ist zur Erläuterung der Gegebenheiten in Fig. 1 das Signalspektrum in diesem Kanal, bezogen auf die Mittenfrequenz, aufgetragen. Das Meßsignal kann bei unverzerrter Übertragung nur in bestimmten, durch Schraffierung hervorgehobenen Bereichen spektrale Energie enthalten. Die Änderungen, die durch die Eigenbewegung des Fahrzeugs im Überlagerungsfeld hervorgerufen werden, können höchstens mit der Dopplerfrequenz  $f_D$  erfolgen. Eine weitere Grenze ist bei Abtastung mehrerer Antennen durch die Abtastfrequenz  $f_T$  gegeben, eingeengt durch die an  $f_T$  gespiegelte Linie von  $f_D$ . Innerhalb des verbleibenden Frequenzbereichs  $f_D \dots f_T - f_D$  können über FM-AM-Konversion bei nicht konstantem Amplitudengang des Filters Nutzsignalkomponenten auftreten. Diese sind in ihrer Größe aber bekannt und somit ausgleichbar. Die Amplitudenmodulation kann ohne Kompensationsmaßnahmen nur im Amplitudenbereich 0,7 bis 1 (bzw. -3 dB bis 0 dB) auftreten und damit nur einen begrenzten Fehler hervorrufen.

Im nicht schraffierten Bereich können also nur Signalkomponenten sein, die von der Differenz der Übertragungsfunktionen der zu vergleichenden Eingangssignale herrühren. Damit die Messungen frei von Störeffekten, also Dopplereffekt und Konversion des Nutzsignals, bleiben, sind die Parameter einer Auswerteschaltung so zu wählen, daß sie nur auf die im unschraffierten Teil des Diagrammes von Fig. 1 auftretenden Signalkomponenten reagiert.

In Fig. 2 ist die Amplitude in der komplexen Ebene aufgetragen. Die dargestellte ausgezogene Linie  $L$  ist die Ortskurve der Übertragungsfunktion des zu messenden Signals, normiert auf das Bezugssignal, also beispielsweise auf das Summensignal oder das von einem Stördetektor als gut befundene Einzelsignal. Geht diese Ortskurve zum Beispiel durch den Nullpunkt, ist das betreffende Antenneneingangssignal vollständig gestört. Beim Antennenauswahl-Diversityverfahren ist jede starke Amplitudenmodulation, verbunden mit einer Phasenmodulation, ein Anzeichen für eine Störung des Antenneneingangssignals.

#### Patentansprüche

1. Diversity-Empfangsverfahren, insbesondere für mobilen Empfang, mit wenigstens drei einzelnen Empfangsantennen, dadurch gekennzeichnet, daß
  - die jeweiligen Differenzen der Übertragungsfunktionen der Übertragungswege zwischen dem Sender und den jeweiligen Antennen einerseits und einem Bezugssignal andererseits ermittelt werden,
  - die Differenzen zur Beurteilung der Emp-

fangsqualität der einzelnen Antennensignale hinsichtlich des Bezugssignals herangezogen werden, und

— dasjenige Antennensignal oder diejenigen Antennensignale mit der hinsichtlich des Bezugssignals größten Differenz der Übertragungsfunktion für das Diversity-Verfahren geringer bewertet und/oder außer Funktion gesetzt wird bzw. werden.

2. Diversity-Empfangsverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Bezugssignal ein möglichst ungestörtes Signal ist.

3. Diversity-Empfangsverfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Störsignalanteil der Antennensignale detektiert, und das Antennensignal mit dem geringsten Störsignalanteil als Bezugssignal verwendet wird.

4. Diversity-Empfangsverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß

- von einem Antennensignal zu einem anderen oder von einer Linearkombination aus Antennensignalen zu einer anderen Linearkombination aus Antennensignalen umgeschaltet wird, wenn ein vorgegebener Schwellwert des jeweiligen Empfangssignalpegels unterschritten wird, und
- das Antennensignal bzw. die Linearkombination aus Antennensignalen, auf das bzw. auf die umgeschaltet wurde, als Bezugssignal verwendet wird.

5. Diversity-Empfangsverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß

- den einzelnen Antennenausgangssignalen eine Hilfsmodulation in Form einer Phasen- und/oder Amplitudenmodulation mittels eines Hilfsmodulationssignals aufgeprägt wird,
- das in einer Empfangsschaltung verstärkte und selektierte Summensignal in einem Frequenz- und Amplitudendemodulator nach Betrag und Frequenz und/oder Phase demoduliert wird,
- das Hilfsmodulationssignal aus dem demodulierten Signal ausgefiltert wird und mit Hilfe von Synchron-Demodulatoren Real- und Imaginärteil des einzelnen Antennensignals in Bezug auf das Summensignal ermittelt und daraus Phasenlage und Amplitudenbeitrag des Einzelsignals bezüglich der Amplitude des Summensignals abgeleitet werden,
- die Phasen und/oder die Amplituden der hochfrequenten Einzelsignale in Abhängigkeit von der ermittelten Phasenlage und/oder des ermittelten Amplitudenbeitrags in Richtung auf optimalen Amplitudenbeitrag jeweils geändert werden, und
- das auf diese Weise optimierte Summensignal als Bezugssignal verwendet wird.

6. Diversity-Empfangsverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß

- den einzelnen Antennen- bzw. Linearkombinationssignalen jeweils ein Probensignal entnommen wird,
- das jeweilig entnommene Probensignal mittels einer trägerlosen Hilfsmodulation moduliert und dem Summensignal zugefügt wird,
- das in einer Empfangsschaltung verstärkte und selektierte, mit dem Probensignal beaufschlagte Summensignal demoduliert, daraus

- Betrag und/oder Phase des jeweiligen Einzelsignals bezüglich des Summensignals ermittelt, und das jeweilige Antennen- bzw. Linearkombinationssignal in Abhängigkeit des ermittelten Betrags und/oder der ermittelten Phase beeinflusst wird, und
- das auf diese Weise optimierte Summensignal als Bezugssignal verwendet wird.
7. Diversity-Empfangsverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß
- den einzelnen Antennen- bzw. Linearkombinationssignalen jeweils ein Probensignal entnommen wird,
  - das jeweilig entnommene Probensignal mittels einer trägerlosen Hilfsmodulation moduliert und einem willkürlich ausgewählten Antennen- bzw. Linearkombinationssignal zur Bildung eines Summensignals zuaddiert wird,
  - das in einer Empfangsschaltung verstärkte und selektierte Summensignal demoduliert wird,
  - das demodulierte Signal nach Betrag und/oder Phase ausgewertet wird,
  - das jeweils stärkste Probensignal ermittelt und
  - das dem stärksten Probensignal entsprechende Antennen- bzw. Linearkombinationssignal als Bezugssignal verwendet wird.
8. Diversity-Empfangsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Beurteilung der Empfangsqualität eines Antennensignals hinsichtlich des Bezugssignals auf Grund eines ausgewählten Störkriteriums des jeweiligen Antennensignals erfolgt.
9. Diversity-Empfangsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Störkriterium aus dem Verlauf der Differenz der Übertragungsfunktionen in der komplexen Ebene abgeleitet wird.
10. Diversity-Empfangsverfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Störkriterium ein Vorzeichenwechsel ist.
11. Diversity-Empfangsverfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Störkriterium ein nicht-linearer Phasengang ist.
12. Diversity-Empfangsverfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Störkriterium die Veränderlichkeit der Amplitude des Antennensignals ist.
13. Diversity-Empfangsverfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Antennensignal-Pegel als Störkriterium herangezogen wird.
14. Diversity-Empfangsverfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Gradient der Störwerte der einzelnen Antennen ermittelt und dieser zur Beurteilung der Empfangsqualität hinsichtlich des Bezugssignals herangezogen wird.
15. Diversity-Empfangsverfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Empfangsfrequenz und/oder die Antennenbewegungs-Geschwindigkeit als Grenzwerte für die Änderungsgeschwindigkeit der Störkriterien vorgesehen ist bzw. sind.
16. Diversity-Empfangsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß dasjenige Antennensignal oder diejenigen Anten-

nenssignale mit der hinsichtlich des Bezugssignals größten Differenz der Übertragungsfunktionen von der Auswahl als Empfangssignal ausgeschlossen wird bzw. werden.

17. Diversity-Empfangsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Beurteilung der Empfangsqualität eines Antennensignals hinsichtlich des Bezugssignals auf Grund einer Kombination von wenigstens zwei ausgewählten Störkriterien des jeweiligen Antennensignals erfolgt.

18. Diversity-Empfangsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die jeweiligen Differenzen der Übertragungsfunktionen zwischen mehreren Empfangssignalen ermittelt, diese Differenzen zueinander in Beziehung gesetzt werden, und daraus der relative Störwert der jeweiligen Antennensignale zueinander ermittelt wird.

19. Diversity-Empfangsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß für jedes Antennensignal mehrere oder alle Störkriterien kombiniert werden, die Summe der sich aus den Differenzen ergebenden Störwerte ermittelt, und diese Summe als Maß für die relative Bewertung der Qualität der einzelnen Empfangssignale zueinander herangezogen wird.

20. Diversity-Empfangsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Antenne mit der kleinsten Summe der sich aus den Differenzen ergebenden Störwerte als Antennen- und/oder Bezugssignal ausgewählt wird.

21. Diversity-Empfangsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Ermittlung der Differenzen der Übertragungsfunktionen und/oder die Beurteilung dieser Differenzen digital erfolgt.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

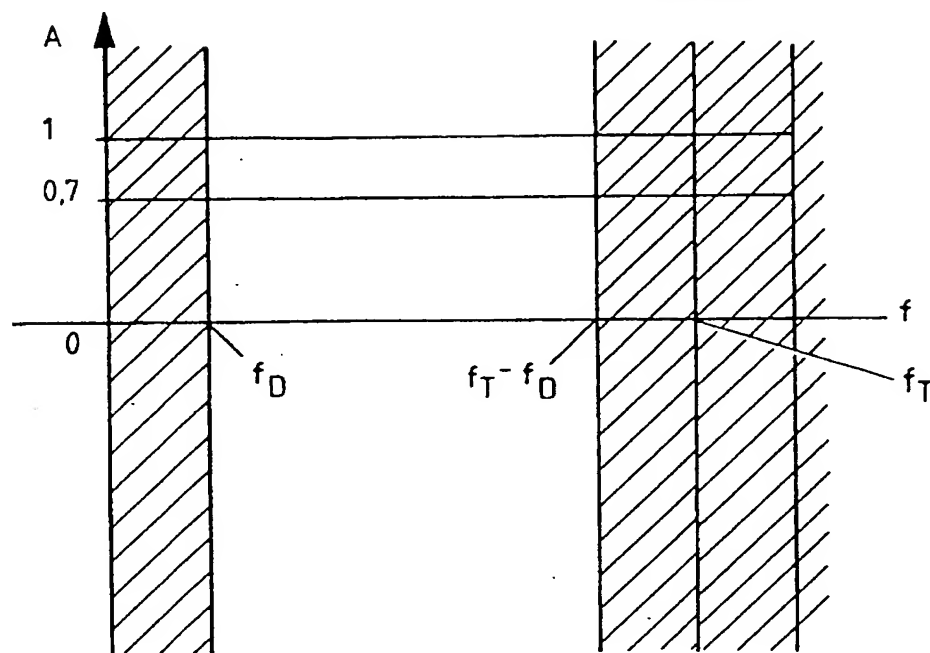


Fig. 1

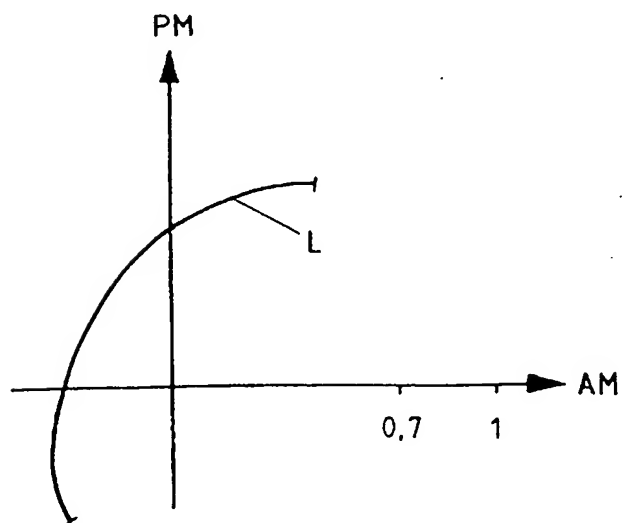


Fig. 2